



## ULUSLARARASI VE ULUSAL KALİTE ÖLÇÜTLERİ BAĞLAMINDA İÇ MİMARLIK EĞİTİMİNDE ROBOTİK KOL KULLANIMI ÜZERİNE BİR SAPTAMA

Erkan AYDINTAN<sup>1</sup>  Kübra İlkiz KURT<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Trabzon, Türkiye.

<sup>2</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Trabzon, Türkiye.

### ÖZET

Çalışma kapsamında robotik kol kullanımının iç mimarlık eğitimine olan katkılarının ortaya koyulması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda; "Robotik kollar, iç mimarlık eğitim programlarında hangi amaçlarla kullanılabilir?", "Bu durum; uluslararası ve ulusal eğitim kalitesi standartları (ECIA/CIDA/TYYÇ) üzerinden okunabilir mi?" sorularına yanıt aranmıştır.

Çalışmada ilk etapta, yapılan doküman analiziyle mimarlık temel alanı eğitiminde robotik kol kullanımının etkilerine dair çıkarımlarda bulunulmuştur. Daha sonra, iç mimarlık öğrencilerinin, mezun olduklarında sahip olmaları gereken temel nitelikleri belirleyen ECIA ve CIDA ölçütleri incelenmiş, ayrıca TYYÇ ölçütleri de bu açıdan ele alınmıştır. Bu süreçte robotik kol kullanımının katkısının olabileceği düşünülen maddeler belirlenmiş ve bu durum, literatür üzerinden desteklenmiştir.

Elde edilen verilere göre robotik kol kullanımının iç mimarlık eğitimine, uygulamada ve teoride toplam 9 farklı yönden katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Her iki grupta da robotik kolun iç mimarlık eğitimine, ulusal ve uluslararası ölçütler kapsamında genel olarak tasarım sürecinde karşılaşılan sorunlara alternatif çözüm getirme, alanda yenilikçi adımlar atma yönü ile katkı sağladığı görülmüştür.

Sonuç olarak robotik kolların iç mimarlık eğitim alanına etkilerinin ECIA, CIDA ve TYYÇ ölçütleri ile ilişkilendirilebildiği görülmüş, dijital tasarım ve üretim araçlarının daha etkili, hızlı, son teknolojiye uygun çözümler için kullanılabilecek son derece yetkin araçlar olduğu çıkarımı yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İç mimarlık eğitimi, robotik kol, kalite ölçütleri, dijital üretim

## A STUDY ON THE INTEGRATION OF ROBOTIC ARMS IN INTERIOR ARCHITECTURE EDUCATION BASED ON NATIONAL AND INTERNATIONAL QUALITY STANDARDS

### ABSTRACT

Within the scope of the study, it is aimed to reveal the contributions of robotic arm use to interior architecture education. In these settings, the questions "For what purposes can robotic arms be used in interior design education programs?" and "Can this situation be evaluated through international and national education quality standards (ECIA / CIDA / TYYÇ)" have been explored.

In the study's initial stage, inferences have been made about the effects of the use of robotic arms in the primary field of architecture education through document analysis. Subsequently, ECIA and CIDA criteria were examined, determining the essential qualifications for interior architecture graduates. Moreover, the TYYÇ criteria were considered in this content. In this process, the items that are thought to contribute to the use of robotic arms were determined, and the literature supported this situation.

Based on the gathered data, it has been determined that incorporating a robotic arm into interior architecture education provides diverse benefits in both practical and theoretical aspects, amounting to a total of nine ways. The groups unanimously agreed that the use of a robotic arm offers alternative solutions to design challenges that align with national and international standards, while also introducing innovation to the field. As a result, it has been seen that robotic arms effects on education can be associated with ECIA, CIDA, and TYYÇ criteria. It has been inferred that digital design and production tools are highly competent tools that can be used for more effective, fast, state-of-the-art solutions.

**Keywords:** Interior architectural education, robotic arm, quality standards, digital fabrication.

**Sorumlu Yazar** : Erkan Aydintan

**Makale Geliş Tarihi** : 16.11.2023

**Makale Kabul Tarihi** : 23.12.2023

**Makale Künye Bilgisi** : Aydintan,E., Kurt, K.İ.(2023). Uluslararası ve ulusal kalite ölçütleri bağlamında iç mimarlık eğitiminde robotik kol kullanımı üzerine bir saptama. *KAPU Trakya Journal of Architecture and Design*, 3(2), 127-147.

## 1. GİRİŞ

Gelişen teknolojilerle birlikte makineleşme giderek artmakta ve minimum zamanda maksimum verim elde edilmektedir (Sarıyıldız & Demirhan, 2021). Öznesi insan olan bu gelişmeler, kimi zaman günlük hayatı kolaylaştırmayı hedeflerken kimi zaman ise daha büyük ölçekli işlerde mükemmelle yakın sonuçlar elde etme isteklerini karşılamaya yönelik görev tanımlamaları içermektedir. Bilgisayar teknolojilerinin gelişmesiyle günümüzde her alanda karşımıza çıkan yapay zekâ teknolojilerinin temelini oluşturduğu birçok yenilikten bahsedilmektedir.

Yapay zekâ kavramı, ilk olarak 1956 yılında Dartmouth Üniversitesi'nde gerçekleştirilen bir konferansta bilgisayar bilimcisi John McCarthy tarafından gündeme getirilmiştir (Mijvel, 2016 akt. Gürdal Pamuklu & Bakar Fındıkçı, 2023). Nabiye (2013), yapay zekâyı, “*Bir bilgisayarın veya bilgisayar denetiminde olan bir makinenin, anlamlandırma, akıl yürütme, genelleme ve deneyimleyerek öğrenme gibi insana özgü zihinsel süreçleri gerçekleştirme yeteneği*” olarak tanımlamaktadır (Akt., Yıldırım & Demirarslan, 2019). Öğrenme, muhakeme etme ve algılama olmak üzere üç ana özelliği olan yapay zekâ kavramı çoğu insan için robotları çağrıştırmaktadır (Rezk, 2023).

“*Robot*” kelimesi literatürde ilk defa 1917 yılında Çek yazar ve gazeteci Karel Capek’in kısa hikâyesi “*Opilec*’de” geçmektedir. Asıl olarak robot olgusu, 1921 yılında aynı yazarın Rassum’s Universal Robots adlı tiyatro oyununda ortaya çıkmıştır (Aslan, 2014; Yılmaz, 2010). Aynı zamanda köken olarak robot kelimesinin eski Çek dilinde ve günümüz Slovak dilinde kölelerin zorunlu çalışması anlamına gelen robota kelimesinden türetildiği bilinmektedir (Horáková & Kelemen, 2003 akt. Aslan, 2014).

Robot kavramının bu zamana kadar pek çok farklı tanımı yapılmıştır. Gündelik kullanımın aksine bir makineye robot denilebilmesinin en önemli koşullarından biri algılamadır (Alp, 2012). Bir robotun renk, ışık, konum, ses vb. dış etkileri algılayabilmesi gerekmektedir. Ayrıca elde ettiği verileri bağımsız olarak yorumlayarak bu yorumların sonucuna göre davranış geliştirebilmesi beklenmektedir (Aslan, 2014). Amerikan Robot Enstitüsü ise robotu, malzemelerin, parçaların ve araçların hareket ettirilebilmesi için tasarlanmış olan çok fonksiyonlu ve programlanabilir manipülatör veya farklı görevleri yerine getirebilmek için değişken programlı hareketleri gerçekleştirebilen özel araçlar olarak tanımlamaktadır (Yılmaz, 2010).

Robot teknolojilerinin günümüzde en yaygın şekilde kullanıldığı alt sınıfı robotik kollarıdır. Robotik kol kullanımı gün geçtikçe artmakta ve malzeme taşıma, paketlenme, yapılandırma, kaynak yapma, boyama ve montaj gibi çeşitli alanlarda yaygınlaşmaktadır. Kartezyen robot kollar, silindirik robot kollar, küresel robot kollar, scara robot kollar ve mafsallı robot kollar gibi beş farklı gruba ayrılan robot kolların kullanım alanları farklı olsa da çalışma prensiplerinin benzer olduğu söylenebilir. Hareketleri yazılım programları ile kodlanan robotik kollar, üzerlerindeki kameralar sayesinde nesnelere algılamakta, elektrik motorları ve rahatlıkla hareket etmelerini sağlayan tahrik sistemleriyle çalışmaktadır (Sarıaltın, 2017; Kargın, 2020). Robotik kollar; endüstriyel, operasyonel, tıp ve sağlık, eğitim ve araştırma, eğlence, tarım ve hayvancılık, ulaşım gibi birçok sektörde kendisine yer bulmaktadır (Alp 2012; Çelebi, 2019). Çok geniş bir yelpazede kullanım sahası bulunan robotik kolların, mimarlık temel alanında da kendine yer bulduğu görülmektedir.

### 1.1. Çalışmanın Kapsamı, Amacı ve Yöntemi

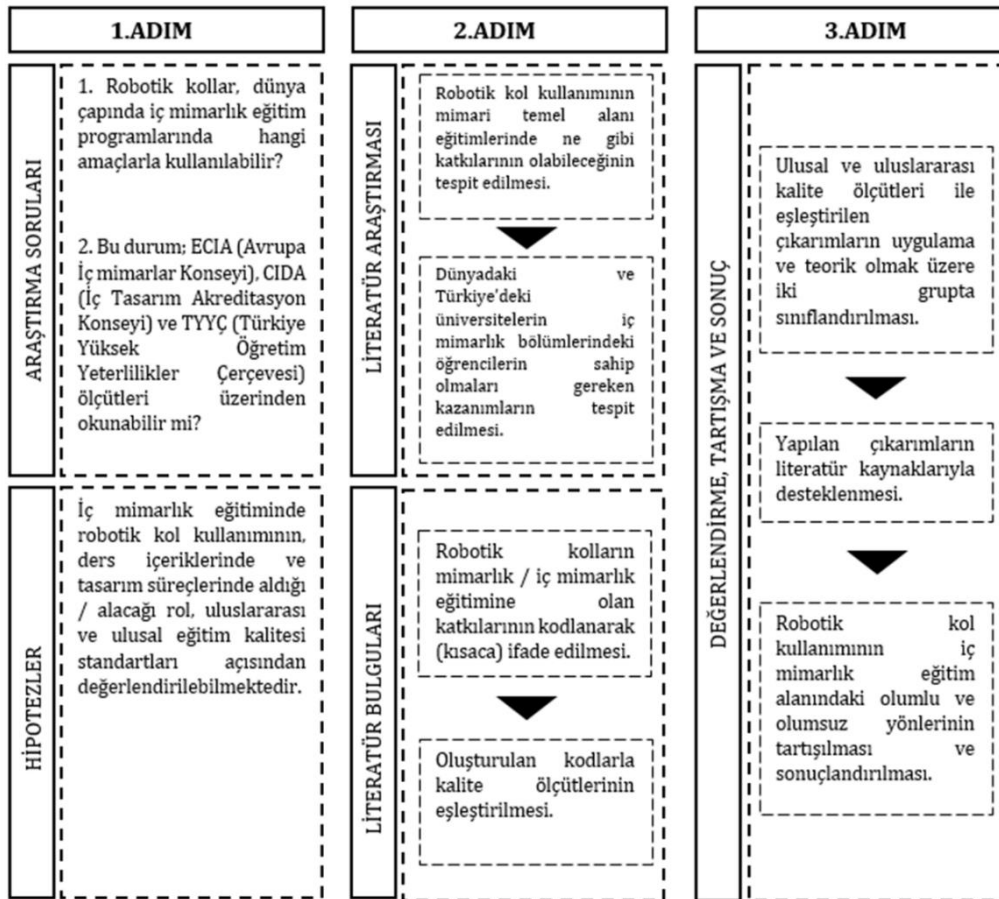
Tarih boyunca, insanlar her zaman işlerini kolaylaştırmak için çeşitli sistemlere duydukları ihtiyaçlar doğrultusunda araştırmalar yapmışlardır. Bu araştırmaların sonucunda bilgi akışları sağlanmış ve bu, hızla artan bir eğilim halini almıştır (Sarıaltın, 2017). Artan ihtiyaçların bir sonucu olarak kısa zamanda iyi sonuçlar alma isteği, iş gücünü azaltma düşüncesiyle birçok alanda robotik kollar kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışma kapsamında robotik kolların eğitim alanında ne gibi rollerde kullanıldığının tespit edilebilmesi adına, mimarlık temel alanında yer alan iç mimarlık eğitiminde robotik kollarının hali hazırda var olan katkılarının ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır.

Bu doğrultuda, gelişen teknolojilerin mimarlık temel alanı üzerindeki etkisiyle alakalı literatür çalışması yapılmış, iç mimarlıkta yapay zeka uygulamalarının tasarım sürecine faydalarının konu edinildiği (Armağan, 2019; Yıldırım & Demirarslan 2020), yapay zeka uygulamalarının mekan üzerinde ne tür etkilerinin olduğunun incelendiği (Yıldız, 2014; Chaillou, 2019) çalışmaların olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda yapay zekanın bir getirisi olan robotik elemanların mimarideki kullanım alanlarının pratikte ve eğitim alanındaki yerlerinin tespiti üzerine yapılmış çalışmaların (Brell-Çokcan & Braumann, 2012;

Picon, 2014; Radziszewski & Cudzik, 2019; Shi vd., 2020) olduğu tespit edilmiştir. Robotik kol kullanımının mimarlık temel alanı eğitim sisteminde birçok yönden etkisi olabileceği düşünülmektedir. Ancak yapılan literatür çalışmasıyla robotik kolun mimari/iç mimari eğitim alanına katkılarının konu edinildiği araştırma sayısının sınırlı olduğu görülmüş ve bu çalışmayla bu alana katkı vermek amaçlanmıştır.

Belirlenen amaç ve yapılan araştırmalar doğrultusunda, çalışma kapsamında “Robotik kollar, dünya çapında iç mimarlık eğitim programlarında hangi amaçlarla kullanılabilir?”, “Bu durum; Avrupa İç Mimarlar Konseyi (ECIA European Council of Interior Architects), İç Tasarım Akreditasyon Konseyi (CIDA The Council for Interior Design Accreditation) ve Türkiye Yüksek Öğretim Yeterlilikler Çerçevesi (TYYÇ) ölçütleri üzerinden okunabilir mi?” sorularından yola çıkılmıştır. Böylece iç mimarlık eğitiminde robotik kol kullanımının, ders içeriklerinde ve tasarım süreçlerinde aldığı rolün, uluslararası ve ulusal eğitim kalitesi standartları açısından değerlendirilebileceği, çalışmanın hipotezi olarak belirlenmiştir.

Bu çerçevede öncelikle iç mimarlık eğitiminde robotik kolların hangi görevlerde kullanılabilceği, öğrencilere ne gibi katkılarının olabileceği konusunda çıkarımlar yapılabilmesi hedefiyle literatür çalışması yapılmıştır. Daha sonra, robotik kolların iç mimarlık eğitimindeki yerinin tespit edilebilmesi için dünyadaki ve Türkiye’deki üniversitelerin iç mimarlık bölümlerindeki öğrencilerin, mezun olduklarında sahip olmaları gereken temel nitelikleri belirleyen ECIA, CIDA ve TYYÇ ölçütleri incelenmiştir. Bu süreçte robotik kol kullanımının katkısının olabileceği düşünülen maddeler belirlenmiş, belirlenen bu maddelerin robotik kol kullanımıyla çeşitli boyutlarda ilişkilendirilebileceği tespiti, literatür üzerinden desteklenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma Deseni

## 2. KURAMSAL ÇERÇEVE

İlk çağlarda insanların çeşitli ihtiyaçlarını karşılamak için kendilerine mekân düzenlemeleri yapmaları ile başlayan iç mekân tasarımı kültürü, 17-18. Yüzyıllarda teknoloji gelişimi ile tasarım anlayışının bütünleşerek konut ve mobilyalara yansısıyla devam etmiştir (Özsavaş Uluçaç & Kaptan, 2018). 20. yüzyıla kadar “antika ticareti” ile eşanlı olarak değerlendirilen iç mekân tasarımı, değişen sosyal ve

ekonomik koşulların sonucunda profesyonel bir meslek grubu olarak kabul edilmiştir (Massey, 2020). 20. yüzyıl başlarında iç dekorasyon olarak adlandırılan meslek ve eğitimi, daha sonra özelleşerek “iç tasarım” ve “iç mimarlık” olarak adlandırılmaya başlanmıştır. İç mimarlık eğitiminin resmi olarak yapılandırılmasından önce Avrupa ve Amerika’da yayınlanan bir takım dergilerin, mesleki eğitimin başlangıç kaynakları olarak görüldüğü söylenebilir. Avrupa’da önce Beaux-Arts etkili eğitim yaklaşımları ortaya çıkmış, ancak 20. yüzyılın başından itibaren bu model, stüdyo tabanlı eğitimi değerlendiren Alman Werkbund ve Bauhaus Okulu modeli gibi yeni yaklaşımlarla değiştirilmiştir (Cordan vd., 2014).

Türkiye’de iç mimarlık eğitimi öncesi, meslek eğitimi geleneği öne çıkmış ve Endüstri Devrimi ile birlikte yeni eğitim kurumlarına olan ihtiyaç artmıştır. Ülkemizde iç mimarlık eğitiminin temelleri, 19. yüzyılın son çeyreğinde, günümüzde Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi olarak adlandırılan Güzel Sanatlar Akademisi Dâhili Tezyinat Atölyesi ile atılmıştır. Daha sonra, 1957 yılında adı değişerek Marmara Üniversitesi haline gelen Tatbiki Güzel Sanatlar Yüksekokulu ile bu eğitim daha geniş kitlelere ulaşmıştır (Gül, 2016 akt. Eyüboğlu & Faiz Büyükçam, 2022). 1980’lerdeki toplumsal, siyasi, ekonomik ve teknolojik değişimler, iç mimarlık mesleğine olan ilgiyi artırmış ve bu alandaki eğitim ihtiyacını beraberinde getirmiştir. Türkiye’de Yükseköğretim Kurulu’nun (YÖK) hayata geçmesi ile birlikte üniversiteler, iç mimarlık eğitimi sunan fakülteler kurmaya başlamış ve bu süreçte iç mimarlık eğitimi veren kurumların sayısı önemli ölçüde artmıştır (Özsavaş, 2011). Mezunların mesleğin gereklerini yerine getirebilecek donanıma sahip olması için eğitim kurumlarının sağlaması gereken bazı standartlar söz konusudur.

Hem dünyada hem de Türkiye’de, iç mimarlık eğitiminin standartlara bağlanabilmesi için gerekli nitelikleri taşıyan eğitim müfredat ve programlarının oluşturulması büyük önem taşımaktadır (Özsavaş Uluçaç & Kaptan, 2015). Bu noktada, belirli ölçütler getirilmesi ve eğitim akreditasyonun sağlanması gerekmektedir (Şekerci & Oral, 2023). Bunun için pek çok farklı akreditasyon programı bulunmakta olup bugün uluslararası düzeyde CIDA ve ECIA ölçütleri temel alınmaktadır (Özsavaş, 2011). Amerika’da 1970 yılında kurulan İç Mimarlık Eğitimi Araştırma Vakfı (Foundation for Interior Design Education Research - FIDER), 2006 yılında İç Tasarım Akreditasyon Konseyi (CIDA) ismini almış ve akreditasyon sistemiyle iç mimarlık eğitimi kalite ölçütlerini belirlemiştir. Avrupa İç Mimarlar Konseyinde (ECIA), ilk versiyonu 2000 yılında imzalanan ve en son 2020 yılında güncellenen Avrupa’da iç mimarlık akreditasyonu sistemini belirlemektedir (European Council of Interior Architects, 2020; Council Interior Design Accreditation, 2022). Bu ölçütler, ülkemizde TYYÇ kapsamında ortaya koyulmaktadır (Türkiye Cumhuriyeti Yükseköğretim Kurumu, 2010)

İç mimarlık eğitiminde sağlanması beklenen standartlara ulaşmada teknoloji de yardımcı unsurlar arasında yer almaktadır. Çalışma çerçevesinde robotik teknolojisi bağlamında, iç mimarlık eğitiminde robotik kol kullanımının, bu standartlardan hangilerine, hangi özellikleri ile nasıl destek verdiği ve verebileceği, bu durumun avantaj ve varsa dezavantajlarının neler olabileceği araştırılmaktadır.

Bu amaçla öncelikle, robotik kol kullanımının, mimarlık temel alanındaki varlığı ve gelişimini ele almak faydalı olacaktır. Bu noktada Modernist sanayileşmede, hem tasarımın ne için olduğunu hem de oluşturması gereken etkileri yeniden tanımlayarak mimari disiplinin temellerini nasıl etkilediğini gözlemlemek çarpıcıdır. Walter Gropius'un (1936) tanımlamasına göre, sanayileşme yalnızca binaları farklı şekilde üretmek anlamına gelmiyordu; mimariyi modası geçmiş teknolojik ve estetik değerlerden kurtaran bir "arındırıcı aracı" temsil etmekteydi. Başka bir deyişle, epistemolojik bir rol oynayıp tasarımcıları farklı düşünmeye zorlamaktaydı (Picon, 2014). Sanayi devrimiyle birlikte büyük ölçekli üretimlerde insan gücü, yerini makinelerle bırakırken üretim modeli ve yaşam tarzı yavaş yavaş değişmektedir. Otomasyon teknolojisi, üretim endüstrisinin geleneksel yöntemlerin kullanıldığı verimsiz, maksimum iş gücü anlayışından, daha verimli, doğru ve yaratıcı bir hale geçmesinin anahtarı haline gelmiştir. Otomasyon teknoloji dalgasını destekleyen en temsili araç olan robotlar, birçok endüstride kullanılmakla birlikte, her teknolojik yükselme sürecinde olduğu gibi, mimarlık, mühendislik ve inşaat (AEC - Architecture, Engineering & Construction) alanında da geleneksel teknolojiyi ileri teknolojiyle değiştirme sürecinde kullanılmaya başlanmıştır (Shi vd., 2020).

Bununla birlikte, AEC endüstrisine uygulanan bir dizi ileri teknoloji; mimari tasarım alanı, parametrik tasarım araçları, tasarım ve çoklu veri simülasyonu, otomatik inşaat ve robotik için dijital bir geleceğe ışık tutmaktadır. En gelişmiş teknolojilerle, geleneksel tasarım yöntemleri yerini daha verimli tasarım

iş akışlarına bırakmaya başlamıştır (Shi vd., 2020). Hızla gelişen teknolojiler, mimari tasarım disiplinlerinin önemli bir unsuru haline gelmektedir. Günümüzde mimarlar ve mimarlık öğrencileri, sadece yazılımları değil, aynı zamanda dijital fabrikasyon gibi farklı tasarım yöntemlerini de kullanmaktadır (Radziszewski & Cudzik, 2019). Bugün anladığımız anlamıyla robot teknolojileri; robotik, otomasyon, makine mühendisliği gibi disiplinler kapsamında ortaya çıkmıştır. Günümüzde mimarlığın da dâhil olduğu pek çok meslek disiplinlerinin katkılarıyla gelişimi devam ettirilmektedir. Yüksek hassasiyet, işlevsel esneklik, yeniden programlanabilme, hızlı ve verimli çalışma, işleri birebir aynı gerçekleştirebilme özellikleri nedeniyle robotlar tercih edilmektedir (Çağlar & Vural, 2020).

Daas (2014) ve Daas ve Wit (2018) tarafından, robotların mimarlıktaki kullanımları 4 başlık altında sınıflandırılmıştır. Bu başlıklar;

- Robotların tasarım sürecinde gözlem ve prototipleme için kullanılabilmesini içeren “*Tasarım Sürecinde Robotların Kullanımı*”,
- Şantiye dışında özel üretim veya kitlesel özelleşmiş üretim amacıyla kullanılmasını kapsayan “*Fabrikasyon Sürecinde Robotların Kullanımı*”,
- Şantiyede konstrüksiyon için işçilerin yerine kullanılabilmesine dayanan “*Konstrüksiyon Sürecinde Robotların Kullanımı*”,
- Robotların otomatik ya da uzaktan kontrolle binaların kullanılmasına yönelik olarak denetim, bakım gibi işlevlerde kullanılabilmesini kapsayan “*İşletme Operasyonları Sürecinde Robotların Kullanımı*”, olarak isimlendirilmiştir (Akt., Çağlar & Vural, 2020).

Bunların yanı sıra Fransız mimarlık ve teknoloji tarihi profesörü Antoine Picon (2014), robot kullanımının mimarlık alanına olan katkılarını üç maddede açıklamaktadır. Bu maddeler:

- Robotlar, tasarımcıların öncelikli yönlere odaklanmadan, tamamen üç boyutlu bir alanda düşünmelerine olanak sağlar. İnsan hareketlerine olanak sağlayan eklemeleri taklit ederek daha organik müdahalelere imkân verir. Mimariye getirilen bu olanaklarla, tasarımcıların tasarım anlayışlarının farklılaşıp gelişeceği düşünülmektedir (Picon, 2014).
- Mimaride robotik üretimin, verimlilikte artışa sebep olmasının yanı sıra güzellik anlayışının değişmesine yol açtığı da söylenebilir. Skolastik felsefenin, sadelik ve birliğin, tanrısallığın temel sembolü olması düşüncesiyle paralel olarak, eskiden basit ve az olanın, karmaşık ve çok olana karşı üstünlüğü savunulmaktaydı. Robotik teknolojisi ve dijital teknolojiler bu durumu kökten değiştirecek özellikler taşımaktadır. Tasarımcıların yola çıkması gereken doğal bir durum olan karmaşıklık ve çokluk, robotik kol kullanımıyla daha çok gündeme gelmektedir (Picon, 2014).
- Robotlar, tasarımcılara nesnelere ve süreçler arasında ince bir çizgi olduğunu göstermektedir. Bu sayede hareket ve zaman, tasarımın bir parçası olmaktadır. Robotik kollar, tasarımcılara dördüncü boyut olan, zamanla çalışma olanağı tanımaktadır (Picon, 2014 akt. Çağlar & Vural, 2020).

Daas ve Wit’in sınıflamasında yer alan, *tasarım sürecinde robotların kullanımı*, bu teknolojinin eğitimdeki yerine işaret etmektedir. Picon’un sınıflamasında ise robotik üretimin form bazında, amorf yapıları kurgulama, karmaşık geometrik formları uygulama ve zaman boyutunu tasarım süreçlerine katma gibi olanaklara ortam hazırladığı anlaşılmaktadır. Bu noktada, Mimarlık Temel Alanı Eğitiminde Robotik Kol kullanımına odaklanmak faydalı olacaktır. Bu açıdan, robotik kol teknolojisinin meslek eğitimindeki yerine ilişkin literatür kaynakları yol göstericidir.

### 3. BULGULAR

Bilim ve teknoloji alanında yaşanan hızlı gelişmeler planlama, tasarım ve mimarlık eğitimlerini de önemli ölçüde etkilemektedir. Planlama ve tasarım eğitimi, son yirmi yıl içerisinde bilgisayar ve iletişim teknolojilerindeki gelişim doğrultusunda, hızlı bir değişim sürecine girmiştir (Korkut & Özyavuz, 2016). Mimarlık temel alanlı disiplinlerin eğitim programlarında ve bu programların gerektirdiği işlemlerde, hem yazılım hem de dijital fabrikasyon kaynaklı birçok araca ihtiyaç duyulmaktadır. Dijital fabrikasyonun gündemde olduğu günümüzde eğitim sistemine, bilgisayar destekli mimari tasarım araçları ve üç boyutlu modelleme programları girdiği gibi, uygulama alanında da yeni tekniklerin kazandırılması gerekli görülmektedir (Radziszewski & Cudzik, 2019). Bu kapsamda mimarlar, robotik teknolojisini kullanmaya başlamıştır. Bu robotik kollar endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır.

Robotik kolları yaratıcı endüstri için bu kadar ilgi çekici kılan şey ise çok işlevli ve düşük maliyetli olmalarıdır. Özel makineler geliştirmek yerine, çok işlevli bir robotik kol çok çeşitli etkilerle donatılabilmektedir (Brell-Çokcan & Braumann, 2012).

2006 yılında robotik kolun mimarlık alanında kullanımının ilk örneklerinden biri, Zürih'teki İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü tarafından, tuğla desenleri oluşturmak için yeni bir tekniğin geliştirildiği Gramazio ve Kohler liderliğindeki bir stüdyoda gerçekleştirilmiştir. Gantenbein Üzüm Bağı Cephesi adındaki projeye birlikte, robotik kolların yalnızca insan emeğini kopyalama yeteneğine sahip olmadığını, aynı zamanda insan emeğinin kapsamı dışında kalan fabrikasyon stratejilerini gerçekleştirebileceği sonucu çıkarılmıştır (Brell-Çokcan & Braumann, 2012; Radziszewski & Cudzik, 2019). Yaşanan bu gelişmeden sonra, süregelen yıllar boyunca, dünya çapında 20'den fazla mimarlık fakültesi robotik kol kullanmaya ve bu çok işlevli makineler için aktif olarak yenilikçi kullanım alanları araştırmaları yapmaya başladığı bilinmektedir. Kullanım alanları arasında, ders içerikleri, stüdyolar, workshoplar, pavyonlar ve enstalasyonların yer aldığı görülmektedir (Brell-Çokcan & Braumann, 2012).

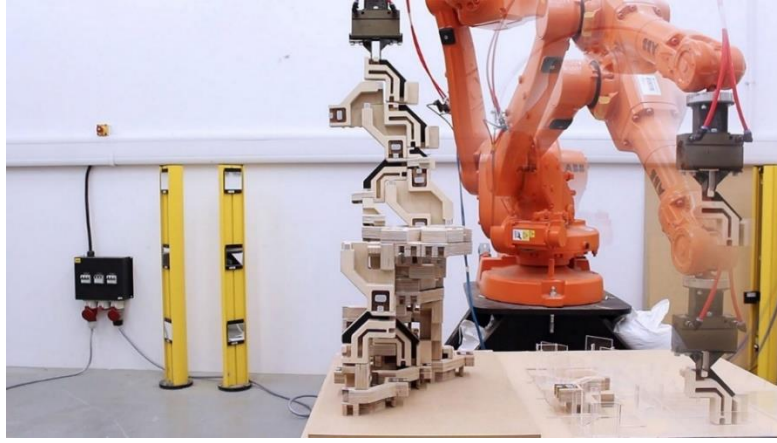
Robotik kol kullanan mimarlık fakültelerinden biri olan Illinois Üniversitesi Mimarlık Bölümünde, "*Detay ve İmalat Programı*" kapsamında lisansüstü öğrencileriyle robotik kolun fabrikasyon projelerinde nasıl kullanılacağına dair ders verilmektedir. Ders sorumlusu Prof. Kevin Erickson, robotik kol kullanımının öğrencilerin, tasarım ve üretim süreçleri arasındaki farkı kavramasında etkili olabileceğini düşünmektedir. Aynı zamanda robotik kolla çalışan öğrencilerin yeni bir çalışma süreci öğreneceklerini, çizimlerini başkalarının yorumlayıp inşa etmesini izlemekten çok, tasarımlarının hayata geçirilmesine daha fazla dâhil olacaklarını belirtmektedir. Bütün bunlar ek olarak öğrenciler, robotik kol ile sahip oldukları tasarım fikrinin gerektirdiği malzemeleri, CNC makineleri, lazer kesim makineleri ya da 3 boyutlu yazıcıların imkân veremeyeceği açılarda ve şekillerde kesmelerine, birleştirmelerine imkân tanımaktadır. Robotik kola sahip olan bölümlerde öğrenciler, robotik kolun imkânlarından faydalanabilmek için bilgisayar bilimcileri, endüstriyel tasarımcılar ve mühendislerle birlikte çalışmakta ve robotik kolların kodlanabilmesi için çeşitli yazılım programlarını öğrenmelerinin önünü açmaktadır (Heckel, 2017). Öğrenciler daha sonra, robotik kolları karmaşık tasarımları ortaya koymak için programlayabilmektedir.

Robotik kolu eğitime dâhil eden diğer bir üniversite olan New Jersey Institute of Technology (NJIT) Prof. Andrzej Zarzycki, robotik kolu işaret ederek "*mimarlar olarak araçlar, yaptığınız işi etkiler*" sözleriyle teknolojik alanda yaşanan gelişmelerin mimarlık alanını da etkilemesi gerektiğini, hem pratiğin hem de eğitim programının teknolojik olarak güncel olması gerektiğini savunmaktadır (Koblentz, 2019).

1972 yılında kurulan mimarlık okulu SCI-Arc'da ise robotik teknolojilerin mimarlık ve tasarım alanındaki potansiyelini keşfetmek ve araştırmak amacıyla kurulan "Robot House" adında bir araştırma ve tasarım laboratuvarı bulunmaktadır. Öğrenciler; robotik kollar, 3 boyutlu yazıcılar, CNC tezgâhları gibi teknolojik ekipmanlar ile tasarımlarını yapmakta ve robotik-mimarlık ilişkisini keşfetmektedir. Stüdyo öğretmenlerinden Weiser, okulda robotik kol ve diğer araçları deneyimleyen öğrencilerin "*dünyamızın bir parçası haline gelen ve her alanda gelişmiş hareket kontrolü görüntüleme ve görüntü işleme ile ilgili yeni beceriler*" kazandıklarını belirterek; robotikle ilgilenen öğrencilerin mezun olduktan sonra talep gören bir alanda bilgi ve deneyim sahibi oldukları için liderlik niteliği taşıyacaklarını düşünmektedir. Baumgartner ise Prof. Kevin Erickson'un düşüncesine benzer şekilde, öğrencilerin bu robotik araçlarla ve malzemelerle doğrudan çalışmasının en önemli faydalarından birinin, tasarım ve yapım arasında doğrudan bir geri bildirim döngüsü yaratmak olduğunu ve bu durumun normal stüdyolarda deneyimlenemeyecek bir şey olduğunu dile getirmektedir. Yine Baumgartner'a göre, robotik kollarla alınan dersler sadece malzeme geliştirmenin teknik uygulamasına odaklanmakla kalmayıp aynı zamanda mimari üretim süreçlerini tasarlamayı da mümkün kılmakta dolayısıyla mimarlık öğrencilerine işin başına geçme fırsatı vermektedir (Abrahamson, 2014). Bu noktada robotik kol teknolojisinin, mimarlık temel alanı eğitiminde kullanımına birkaç somut örnek vermek faydalı olacaktır.

Bartlett Mimarlık Okulunda öğrenciler, robotik kol ile kombinasyonladıkları ve birbirleriyle farklı şekillerde birleşebilen modüler tuğlalar tasarlayarak bir sandalye üretmişlerdir. Bu süreçte tasarım ekibi, Prof. Erickson'un söylemlerine göre, modüler tuğlaların montajını detaylı bir şekilde inceleyerek, kullanıcılar ile robotlar arasındaki etkileşimi deneyimleme fırsatı bulmuşlardır (Team PA, 2020).





Şekil 2. Bartlett Mimarlık Okulu öğrencilerinin tasarladığı INT sandalye (Team PA, 2020)

Robotik kol kullanımına verilebilecek bir diğer örnek ise, Stuttgart Üniversitesi Hesaplamalı Tasarım ve Yapısal Tasarım Enstitüsünden Fabio Gramazio ve Matthias Kohler tarafından tasarlanan ahşap pavilyondur. 372 adet çıtadan oluşan yapı, imalat sürecinde robotların kullanılmasıyla oluşturulmuştur. Kullanılan robotlar, algoritmik desenlerle kontrol edilmektedir (Arpitha, 2023).



Şekil 3. The Stacked (West Fest) Pavilion (Arch20, b.t.)

Görüldüğü üzere teknolojik yenilikler, eğitimde önemli bir rol oynadığından, geleceğin mimarlarına eğitim aşamasında endüstrinin gelişimine uygun yeni teknikler ve yöntemler konusunda eğitim verilmesi gerekmektedir. Mimarın robotik teknolojilerle uygulanması, öğrencilerin düşünme yetilerini ve algılarını geliştirmekte etkili olup gelecekte ileri mimari tasarım kavramlarına destek olmaktadır. Öğrencilerle yapılan anket çalışması sonucunda mimarlık eğitimine robotik kolların ve diğer araçların dahil edilmesi öğrenciler tarafından, insan-makine işbirliğinin verimliliğinin artırması, üretimlerin kalitesinin artması, işçilik süresinden tasarruf sağlaması, farklı teknolojik deneyimleme fırsatı vermesi gibi olumlu yönleriyle değerlendirilmektedir (Shi vd., 2020).

Bu verilerden yola çıkılarak öncelikle, robotik kolun mimarlık temel alanı eğitimindeki rolü hakkında elde edilen çıkarımlar özetlenmiş, daha sonra; ECIA, CIDA ve TYYÇ ölçütleri kapsamında değerlendirilerek, robotik kol teknolojisinin hangi özelliklerinin, hangi ölçütleri karşılamada etkin olabileceği belirlenmiştir.

Temel mesleki yetkinlikleri belirleyen uluslararası (ECIA, CIDA) ve ulusal (TYYÇ) ölçütleri incelenerek robotik kol kullanımının katkısının olabileceği düşünülen maddeler ile ilişkilendirilmiştir. Bu işlem yapılırken, Robot Kol teknolojisinin hangi özelliğinin, nasıl bir etki/katkı yaratabileceği, bu durumun hangi ölçüt ya da ölçüt gurupları ile ilişkili olabileceği, varılan bu yargıyı destekleyen referansların neler olduğu açıklanmıştır. Buradan çıkışla, robotik kolların mimarlık eğitimine etkisi ve katkısı, belli başlıklar altında sınıflandırılmıştır.

**Öğrencilerin, tasarım ve üretim süreçlerine katılımı:** Öğrencilerin tasarladıkları yapıların fiziksel prototiplerini üretmelerine yardımcı olurken tasarım sürecinden üretim sürecine kadar birebir işin bir parçası olmalarına fırsat vermektedir. Böylece öğrencilerin tasarımlarını somut bir şekilde deneyimlemeleri sağlanır (Tablo 1).

Tablo 1. Eğitim ölçütleri ve robotik kol teknolojisinin, “Öğrencilerin, tasarım ve üretim süreçlerine katılımı” açısından ilişkilendirmesi

ÖLÇÜTLER	İÇERİK	ROBOTİK KOL TEKNOLOJİSİ		
		1. ÖZELLİĞİ	2. ETKİSİ	3. DESTEKLEYİCİ REFERANSLAR
ECIA-Ölçüt 4 İnşaat Süreci	Bir iç mimari proje tasarlamak, görselleştirmek ve sunmak için gereken temel becerileri belirler.	<p>1. Tasarımı deneyimlemek ve üretimin parçası olmak</p> <p>2. Öğrenciler, tasarım sürecinden üretim sürecine kadar tasarımlarını somut olarak deneyimlerler.</p> <p>3.a. Prof. Kevin Erickson, robotik kol kullanımının öğrencilerin, tasarım ve üretim süreçleri arasındaki farkı kavramasında etkili olabileceğini düşünmektedir (Heckel, 2017).</p> <p>3.b. Güzelci (2015) de dijital fabrikasyonun öğrencilere tasarımdan üretime kadar olan sürecin tüm evrelerine dâhil ettiğini düşünmektedir.</p>		
ECIA-Ölçüt 11 Projeler ve İnşaat Süreci	Bir iç mimari proje organizasyonunu ve yönetimini anlar ve tanıyabilir.			
CIDA-Ölçüt 11, 11a, 11b Tasarım Öğeleri ve İlkeleri	İç mimarlar tasarım unsurlarını ve ilkelerini uygular. Öğrenciler mekânsal tanım ve organizasyon da dâhil olmak üzere tasarımın unsurlarını ve ilkelerini ve ilgili teorileri anlarlar. İki ve üç boyutlu tasarım çözümlerini keşfeder.			
TYYÇ-2 Öğrenme Yetkinliği	Mimari tasarım/planlama/tasarım etkinlikleri ve araştırmaları için söylem, kuram ve kılğı (pratik) bütünlüğünü sağlama becerisine sahiptir.			

**Hassas imalat ile sınırsız tasarım yapma olanağı:** Karmaşık geometrik, organik / amorf hatlara sahip ve hassas imalat gerektiren projelerin tasarımında ve modellenmesinde, öğrencilere yol açmakta, hassas ve detaylı işlemleri gerçekleştirme olanağı vermektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Eğitim ölçütleri ve robotik kol teknolojisinin “Hassas imalat ile sınırsız tasarım yapma olanağı” ile ilişkilendirmesi

ÖLÇÜTLER	İÇERİK	ROBOTİK KOL TEKNOLOJİSİ		
		1. ÖZELLİĞİ	2. ETKİSİ	3. DESTEKLEYİCİ REFERANSLAR
ECIA-Ölçüt 4 İnşaat Süreci	Bir iç mimari proje tasarlamak, görselleştirmek ve sunmak için gereken temel becerileri belirler.	<p>1. Hassas imalat ile sınırsız tasarım yapma olanağı.</p> <p>2. Yapımı karmaşık ve hassas imalat gerektiren projelerin üretiminde kolaylık sağlamaktadır.</p> <p>3a. Ceylan (2021), robotik kolun karmaşık formları kolayca üretebileceğini savunmaktadır.</p> <p>3b. Wibranek ve Tessmann (2021) da robot kolların gelişmiş montaj yetenekleriyle üst düzey üretimler yapabileceğini ifade etmektedir.</p>		
ECIA-Ölçüt 11 Projeler ve İnşaat Süreci	Bir iç mimari proje organizasyonunu ve yönetimini anlar ve tanıyabilir.			
CIDA-Ölçüt 8, 8b Tasarım Süreci	İç tasarımcılar bir tasarım problemini yaratıcı bir şekilde çözmek için tasarım sürecinin tüm yönlerini kullanırlar. Öğrenciler, giderek karmaşıklaşan tasarım problemlerini çözer.			
CIDA-Ölçüt 11, 11a, 11b Tasarım Öğeleri ve İlkeleri	İç mimarlar tasarım unsurlarını ve ilkelerini uygular. Öğrenciler mekânsal tanım ve organizasyon da dâhil olmak üzere tasarımın unsurlarını ve ilkelerini ve ilgili teorileri anlarlar. İki ve üç boyutlu tasarım çözümlerini keşfeder.			
TYYÇ-Ölçüt 5 Beceriler Bilişsel-Uygulamalı	Alternatif mimari tasarım, planlama kurguları ve çözümleri geliştirebilme becerisine sahiptir.			



**Süreci tasarlama:** Öğrenciler, proje tasarlama ve üretim sürecine dâhil olmanın yanı sıra, süreci tasarlama deneyimini yaşama fırsatı da yakalayabilmektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Eğitim ölçütleri ve robotik kol teknolojisinin “Süreci tasarlama” ile ilişkilendirmesi

ÖLÇÜTLER	İÇERİK	ROBOTİK KOL TEKNOLOJİSİ		
		1. ÖZELLİĞİ	2. ETKİSİ	3. DESTEKLEYİCİ REFERANSLAR
ECIA-Ölçüt 5 Araştırma Yöntemleri	Bir proje açıklamasını yerine getirmek veya projeye bir çözüm bulmak için tasarım yöntemlerini anlar ve uygular.	<p>1. Süreci tasarlama.</p> <p>2. Öğrenciler, karşılaştıkları problemleri tanımlama ve çözümünü tasarlama becerisi kazanırlar.</p> <p>3a. Baumgartner’a göre, robotik kol kullanımı, mimari üretim süreçlerini tasarlamayı da mümkün kılmakta dolayısıyla mimarlık öğrencilerine işin başına geçme fırsatı vermektedir (Abrahamson,2014).</p> <p>3b. Doyle ve Sense’e (2017) göre robotik kol kullanımı hem zaman kontrolü hem de araç ve süreç tasarımını sağlamaktadır.</p>		
CIDA-Ölçüt 8, 8c, 8g, 8h, 8j, 8l Tasarım Süreci	İç tasarımcılar bir tasarım problemini yaratıcı bir şekilde çözmek için tasarım sürecinin tüm yönlerini kullanırlar. Öğrenciler, tasarım problemiyle ilgili konuları belirler ve tanımlar. Yaratıcı ve etkili çözümler tasarlar. Tasarım sürecini yürütür: ön tasarım, niceliksel ve niteliksel programlama, şematik tasarım ve tasarım geliştirir. Çeşitli problem tanımlar ve problem çözme yöntemlerini kullanır. Yenilik ve risk alma fırsatlarını kullanır. Fikir üretme ve tasarım odaklı düşünme yöntemlerine maruz kalır.			
TYYÇ-Ölçüt 3 Beceriler Bilişsel- Uygulamalı	Mimari tasarım/planlama/tasarım konularında, olgular, potansiyel ve sorunlar ile bunlar için gerekli araştırmaları tanımlayabilme becerilerine sahiptir.	<p>3c. Budig vd. (2014) göre ise robotik kol kullanımını etkin bir şekilde öğrenen öğrenciler, düşüncelerini algoritmik mantıkta sentezleyerek onları malzeme ve yapıcı süreçlere çevirmeyi kavramışlardır.</p>		
TYYÇ-Ölçüt 3 Yetkinlikler Alana Özgü Yetkinlik	Alanındaki mevcut bilgiyi eleştirel ve diyalektik bir yaklaşımla değerlendirebilme, sahip olduğu bilgi, kavrayış ve becerileri disiplininin gerektirdiği profesyonel bir yaklaşımla etik ilkelerin ışığında, mesleki davranış kuralları, ölçütler ve standartlar ile yasal çerçevelere uygun olarak, olası toplumsal, çevresel ve etik sonuçlarını dikkate alarak kullanır.			

**Geniş malzeme seçenekleri ve yaratıcı tasarım:** Öğrencilere tipik, doğrusal tasarım anlayışından farklı olarak biçim kaygısı duymadan, geniş malzeme yelpazesıyla, yaratıcı tasarımlar yapma özgürlüğü sunmakta dolayısıyla öğrenciler mimari sorunlar karşısında daha etkili olabilmektedir (Tablo 4).

Tablo 4. Eğitim ölçütleri ve robotik kol teknolojisinin “Geniş malzeme seçenekleri ve yaratıcı tasarım” ile ilişkilendirmesi

ÖLÇÜTLER	İÇERİK	ROBOTİK KOL TEKNOLOJİSİ		
		1. ÖZELLİĞİ	2. ETKİSİ	3. DESTEKLEYİCİ REFERANSLAR
ECIA-Ölçüt 5 Araştırma Yöntemleri	Bir proje açıklamasını yerine getirmek veya projeye bir çözüm bulmak için tasarım yöntemlerini anlar ve uygular.	<p>1. Geniş malzeme seçenekleri ve yaratıcı tasarım.</p> <p>2. Öğrenciler, biçim ve malzeme kaygısı duymadan sorunlar karşısında daha yaratıcı tasarımlar yapabileme fırsatı elde ederler.</p> <p>3a. Heckel’e (2017) göre, öğrenciler, geleneksel yöntemlerin imkân veremeyeceği açılarda ve şekillerde kesmelerine, birleştirmelerine imkân tanımaktadır.</p> <p>3b. Nicholas’a (2021) göre dijital üretimle kompleks malzemelerin yapısı çözümlenmiş olup özelleşmiş ürünlerin ortaya çıkmasına ortam hazırlanmıştır.</p>		

Tablo 4. Eğitim ölçütleri ve robotik kol teknolojisinin “Geniş malzeme seçenekleri ve yaratıcı tasarım” ile ilişkilendirmesi (devam)

ÖLÇÜTLER	İÇERİK	ROBOTİK KOL TEKNOLOJİSİ		
		1. ÖZELLİĞİ	2. ETKİSİ	3. DESTEKLEYİCİ REFERANSLAR
ECIA-Ölçüt 15 İnşaat Süreci	Malzemelerin yaşam döngüsünü ve bileşimini anlar ve iç mimarlık projesi için uygun malzemeleri ve malzemelerin uygun işlenişini tanıyabilme ve sınıflandırabilme yeteneğine sahip olur.			
CIDA-Ölçüt 8 Tasarım Süreci	İç tasarımcılar bir tasarım problemini yaratıcı bir şekilde çözmek için tasarım sürecinin tüm yönlerini kullanır.			
CIDA-Ölçüt 13, 13a, 13b, 13f Ürünler ve Malzemeler	İç tasarımcılar mobilyaları, ürünleri, malzemeleri ve kaplamaları entegre eden tasarım çözümlerini tamamlar. Mobilyaların, nesnelerin, malzemelerin ve kaplamaların tasarım amacını desteklemek için birlikte nasıl çalıştığını anlar. Ürünler ve malzemeler için tipik imalat süreçleri, kurulum yöntemleri ve bakım gereksinimlerini anlar. Öğrenciler tasarım amacını destekleyen geniş bir yelpazedeki uygun ürünleri, malzemeleri, mobilyaları, demirbaşları, ekipmanları ve unsurları tasarlayabilir ve belirleyebilir.			
CIDA-Ölçüt 15 İnşaat	İç tasarımcılar, iç inşaatı ve bunun temel bina inşaatı ve sistemleriyle olan ilişkisini anlar.			
TYYÇ-Ölçüt 5 Beceriler Bilişsel-Uygulamalı	Alternatif mimari tasarım, planlama kurguları ve çözümleri geliştirebilme becerisine sahiptir.			

**DeneySEL Yöntemler Geliştirmek ve Yaratıcılığın Önünü Açmak:** Robotik kol kullanımıyla deneysel çalışmalar yapılabilen ve bu durumun hem öğrencilerin hem de bu alanda çalışanların yaratıcılığını geliştirdiği söylenebilir (Tablo 5).

**Disiplinler arası çalışma:** Robotik kolların kullanıldığı projelerde mühendislik, bilgisayar bilimi veya endüstriyel tasarım bölümleriyle birlikte çalışılması söz konusu olabilmektedir. Diğer bir deyişle multidisipliner ve interdisipliner öğrenme ortamları oluşturulmasına katkıda bulunur. Bu durum, öğrencilerin aynı probleme farklı perspektiflerden bakarak öğrenmelerine olanak tanır (Tablo 6).

Tablo 5. Eğitim ölçütleri ve robotik kol teknolojisinin “Deneysel yöntemler geliştirmek ve yaratıcılığın önünü açmak” ile ilişkilendirmesi

ÖLÇÜTLER	İÇERİK	ROBOTİK KOL TEKNOLOJİSİ		
		1. ÖZELLİĞİ	2. ETKİSİ	3. DESTEKLEYİCİ REFERANSLAR
ECIA-Ölçüt 3 Tasarımda Eleştirel Düşünme	Kavramsal ve pratik tasarım projelerinin geliştirilmesinde tasarım düşünme ilkelerini ve eleştirel düşünmeyi kullanır.	<p>1. Deneysel yöntemler geliştirmek ve yaratıcılığın önünü açmak.</p> <p>2. Konuyla ilgili çalışmaların daha iyi olmasını sağlamak için deneysel çalışmalar yapılır.</p> <p>3a. Güzelci'ye (2015) göre, dijital üretim araçları, ölçekli hassas fiziksel çıktılarıyla deneysel çalışmalar yapmaya olanak sağlamaktadır.</p> <p>3b. Budig vd. (2014) ise, robotik üretim süreçlerinin belirli bir alanı tanımlarken bir tasarım stratejisi benimsediğini, bu yeteneklerin geliştirilmesini, kendi başına yaratıcı bir tasarım eylemi olarak kabul edilmesi gerektiğini düşünmektedir.</p>		
CIDA-Ölçüt 8, 8b 8d, 8g Tasarım Süreci	İç tasarımcılar bir tasarım problemini yaratıcı bir şekilde çözmek için tasarım sürecinin tüm yönlerini kullanırlar. Öğrenciler, giderek karmaşıklaşan tasarım problemlerini çözerler. Öğrenciler kanıta dayalı tasarım çözümleri üretmek için bilgi sentezler. Öğrenciler, yaratıcı ve etkili çözümler tasarlar. Yenilik ve risk alma fırsatları değerlendirilir.			
TYYÇ-Ölçüt 5 Beceriler Bilişsel-Uygulamalı	Alternatif mimari tasarım, planlama kurguları ve çözümleri geliştirebilme becerisine sahiptir.			

Tablo 6. Eğitim ölçütleri ve robotik kol teknolojisinin “Disiplinler arası çalışma” ile ilişkilendirmesi

ÖLÇÜTLER	İÇERİK	ROBOTİK KOL TEKNOLOJİSİ		
		1. ÖZELLİĞİ	2. ETKİSİ	3. DESTEKLEYİCİ REFERANSLAR
ECIA-Ölçüt 2 İlişkisel Tutum	Hem meslek içinde hem de yapı endüstrisindeki diğer aktörlerle profesyonel etik iletişim bilgisine sahip olur.	<p>1. Disiplinler arası çalışma.</p> <p>2. Öğrencilerin, projenin ve üretim tekniklerinin gerektiği disiplinlerle işbirliği ve iletişim içerisinde olmasına zemin hazırlar.</p> <p>3a. Budig vd.'ne (2014) göre, robotik kolu kullanmak için gerekli beceriler mimarinin uzmanlık alanını kapsamadığı için mimarlar ve ilgili disiplinler arasında işbirliği gerekmektedir.</p> <p>3b. Güzelci'ye (2015) göre ise dijital üretim sırasında kullanılan çeşitli teknik uzmanlık alanları disiplinler arası çalışmayı gerekli kılmaktadır.</p>		
CIDA-Ölçüt 5, 5a, 5b, 5c, 5e İşbirliği	İç mimarlar disiplinler arası ekiplerle işbirliği yapar ve bunlara katılır. Öğrenciler, iç çevrenin oluşturulmasında birden fazla disiplinin ve paydaşın rol aldığını bilincine sahiptir. Diğer disiplinlerden üyelerle etkili iletişim kurmak için gerekli olan terminoloji ve dili anlarlar. Yapılı çevre disiplinleri için problem çözme sürecine özgü teknoloji tabanlı işbirliği yöntemlerini anlarlar.			
CIDA-Ölçüt 5, 5a, 5b, 5c, 5e İşbirliği	Öğrenci çalışması, tasarım çözümleri geliştirmede birden fazla disiplin, paydaş ve müşteri tarafından bilgilendirilen ortamlar yaratma yeteneğini gösterir.			
TYYÇ Ölçüt 6 Beceriler	Disiplinler arası etkileşimli mimari tasarım/planlama/tasarım konusunda beceri sahibi olur. Sahip olduğu bilgi, kavrayış ve becerileri bağlama ilişkin verilerin yorumunda, sorunların tanımında, ustalık ve inovasyon sergileyen alması mimari tasarım/planlama/tasarım			

	kararlarının/projelerin/çözümlerin geliştirilmesinde kullanır.	
--	--	--

**Farklı alanlarda kişisel gelişim:** Farklı yazılım programlarının öğrenilmesini teşvik ederek öğrencilerin, yakın disiplinlerin dilini kullanmada kendilerini geliştirmelerine ortam hazırlamaktadır (Tablo 7).

Tablo 7. Eğitim ölçütleri ve robotik kol teknolojisinin “farklı alanlarda kişisel gelişim” ile ilişkilendirmesi

ÖLÇÜTLER	İÇERİK	ROBOTİK KOL TEKNOLOJİSİ		
		1. ÖZELLİĞİ	2. ETKİSİ	3. DESTEKLEYİCİ REFERANSLAR
ECIA-Ölçüt 5 Araştırma Yöntemleri	Bir proje açıklamasını yerine getirmek veya projeye bir çözüm bulmak için tasarım yöntemlerini anlar ve uygular.	1. Farklı alanlarda kişisel gelişim.  2. Öğrenciler, robotik kol kullanabilmek için gerekli yazılım programlarını öğrenerek farklı alanlarda kendilerini geliştirebilirler.  3a. Doyle ve Senske'ye (2017) göre, mimarlar ve öğrenciler robotik kolları kullanmak için gerekli kavramları ve becerileri öğrenebilmek için kendilerini geliştirme eğilimine girmektedir.  3b. Bidge vd. (2014) ise benzer şekilde tasarımın geometrisini oluşturmak ve görselleştirmenin yanı sıra robotun dijital üretimi için gereken kontrol verilerini de üretebildiklerini ifade etmektedir.		
ECIA-Ölçüt 6 Dışsal Kaynaklar	Mimarlık, tasarım teorisi ve sanat tarihi alanındaki daha geniş bağlamı anlar ve inşa edilmiş çevrenin tarih boyunca ana sanat ve tasarım hareketlerini tanımlar.			
CIDA-Ölçüt 5, 5b, 5c, 5e İşbirliği	İç mimarlar disiplinler arası ekiplerle işbirliği yapar ve bunlara katılır. Diğer disiplinlerden üyelerle etkili iletişim kurmak için gerekli olan terminoloji ve dili anlarlar. Yapılı çevre disiplinleri için problem çözme sürecine özgü			
CIDA-Ölçüt 5, 5b, 5c, 5e İşbirliği	Teknoloji tabanlı işbirliği yöntemlerini anlar. Öğrenci çalışması, tasarım çözümleri geliştirmede birden fazla disiplin, paydaş ve müşteri tarafından bilgilendirilen ortamlar yaratma yeteneğini gösterir.			
CIDA-Ölçüt 8, 8c, 8f, 8g Tasarım Süreci	İç tasarımcılar bir tasarım problemini yaratıcı bir şekilde çözmek için tasarım sürecinin tüm yönlerini kullanırlar. Öğrenciler, tasarım problemiyle ilgili konuları belirler ve tanımlar.			
CIDA-Ölçüt 8, 8c, 8f, 8g Tasarım Süreci	Birden fazla fikri araştırır ve yineler. Yaratıcı ve etkili çözümler tasarlar.			
TYYÇ Ölçüt 4 Yetkinlikler	En az Avrupa Bilgisayar Kullanma Lisansı İleri Düzeyinde bilgisayar yazılımı ile birlikte alanının gerektirdiği bilişim (bilgi ve iletişim) teknolojilerini etkileşimli olarak kullanır.			

**Nitelikli bir çalışan olma:** Öğrencilerin ileri teknolojilerle çalışma deneyimi ve becerisi kazanmasını sağlar. Bu durumun, öğrencilerin gelecekteki iş ortamlarına daha iyi hazırlanmalarına yardımcı olacağı ve endüstrideki gelişmelere adapte olmalarını kolaylaştıracağı söylenebilir (Tablo 8).

Tablo 8. Eğitim ölçütleri ve robotik kol teknolojisinin “nitelikli bir çalışan olma” ile ilişkilendirmesi

ÖLÇÜTLER	İÇERİK	ROBOTİK KOL TEKNOLOJİSİ		
		1. ÖZELLİĞİ	2. ETKİSİ	3. DESTEKLEYİCİ REFERANSLAR
ECIA-Ölçüt 5 Araştırma Yöntemleri	Bir proje açıklamasını yerine getirmek veya projeye bir çözüm bulmak için tasarım yöntemlerini anlar ve uygular.	<p>1. Teknolojiyi kullanma ve nitelikli bir çalışan olma.</p> <p>2. Öğrencilere yüksek teknolojiyi derslere entegre etmelerine dolayısıyla mezun olduktan sonra diğer mezunlara kıyasla daha nitelikli bir çalışan olmalarına ortam hazırlamaktadır.</p> <p>3. 3a. Prof. Andrzej Zarzycki, robotik kolla alakalı, “mimarlar olarak, araçlar yaptığınız işi etkiler” diyerek teknolojik alanda yaşanan gelişmelerin mimarlık alanını da etkilemesi gerektiğini, hem pratiğin hem de eğitim programının teknolojik olarak güncel olması gerektiğini savunmaktadır (Koblentz, 2019).</p> <p>3b. Shi vd.’e (2020) göre robotik elemanları ile çalışmak mimari tasarım ve inşaa süreçleri konusunda öğrencilerde bilinç düzeyi oluşturarak çalışma hayatlarına olumlu yönde etki etmektedir.</p> <p>3c. Güzelci’ye (2015) göre de dijital tasarım teknolojileri ve dijital fabrikasyon yöntemleri mezun öğrencilere yeni kariyer olanakları sunmaktadır.</p>		
CIDA-Ölçüt 3, 3d Öğrenme Ortamı ve Kaynakları	Öğretim üyeleri ve diğer öğretim personeli ders hazırlama, proje değerlendirme, idari faaliyetler ve toplantılar için uygun tesis ve donanımına sahiptir. Ekipman ve teknolojik destek program amaçlarını ve ders hedeflerini desteklemeye uygun ve mevcuttur.			
CIDA-Ölçüt 6, 6a, 6i, 6j, 6l İş Uygulamaları ve Profesyonellik	İç mimarlar, mesleği ve iç tasarımın toplum için değerini tanımlayan ilkeleri, süreçleri ve sorumlulukları anlar. Öğrenciler, iç tasarım uygulamalarına yönelik bağlamları anlar. Eğitim programı, iç tasarım eğitiminin karşılayabileceği kariyer fırsatları ve ileri düzey eğitim seçeneklerini sağlar.			
CIDA-Ölçüt 6, 6a, 6i, 6j, 6l İş Uygulamaları ve Profesyonellik	İç mekân tasarımı konusunda eğitim ve tecrübeye sahip rol modeller sağlar. İşyeri uygulamalarına çeşitlilik, eşitlik ve katılım			

**Yeni araştırma alanları yaratma:** Teknolojinin eğitimde kullanılan bir aracı olan robotik kolların kullanılmaya başlanmasıyla, hem öğrenciler hem de eğitim üyeleri için konuyla ilgili yenilikçi araştırma alanları oluşturmuştur (Tablo 9).

Tablo 9. Eğitim ölçütleri ve robotik kol teknolojisinin “yeni araştırma alanları yaratma” ile ilişkilendirmesi

ÖLÇÜTLER	İÇERİK	ROBOTİK KOL TEKNOLOJİSİ		
		1. ÖZELLİĞİ	2. ETKİSİ	3. DESTEKLEYİCİ REFERANSLAR
ECIA-Ölçüt 5 Araştırma Yöntemleri	Bilimsel araştırma yöntemlerinin yanı sıra, tasarım sürecinde eskiz çizme, çizim yapma, resim yapma ve heykel yapma gibi mesleğin klasik araştırma yöntemlerini yetkin bir şekilde kullanabilme yeteneğine sahip olur.	<p>1. Yeni araştırma konuları.</p> <p>2. Bu konuyla bağlantılı olarak kendi alanlarıyla ilgili yeni araştırma konularının ortaya çıkmasına olanak verir.</p> <p>3a. Brell-Çokcan ve Braumann (2012), mimarlık fakülteleri robotik kolların yenilikçi kullanım alanları araştırmaları yapmaya başladığını belirtmektedir.</p>		
CIDA-Ölçüt 8, 8f, 8i Tasarım Süreci	İç tasarımcılar bir tasarım problemini yaratıcı bir şekilde çözmek için tasarım sürecinin tüm yönlerini kullanırlar. Öğrenciler, birden fazla fikri araştırır ve yineler. Öğrenciler tasarım çözümlerini etkileyen bilgi ve araştırmanın uygunluğunu ve güvenilirliğini değerlendirmenin önemini anlarlar.			

TYYÇ-Ölçüt 4 Beceriler Bilişsel- Uygulamalı	Alanıyla ilgili kuramsal/kavramsal bilgiyi, bilişsel ve kalgısal becerileri, araştırma yöntem ve tekniklerini kullanır.	
--	---	--

### 3. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME

Mimarlıkta yapay zekânın, dolayısıyla robotik elemanların ortaya çıkışı henüz çok erken dönemlerinde olmasına rağmen gelecek vadeden sonuçlar ortaya koyduğu bilinmektedir. Bu teknolojinin, sadece bir fırsat olarak değerlendirilmesinin ötesinde, mimari disiplini yeniden şekillendirebilecek bir adım olduğu öngörülmektedir (Chaillou, 2019). Mimari tasarımların geliştirilmesinde, görselleştirilmesinde, temsil edilmesinde ve fiziksel olarak üretilmesinde dijital araçlar önemli bir rol oynamaktadır. Teknolojik ilerlemelerle birlikte, mimari ürünün kavramsal ve fiziksel üretimi arasındaki ilişki zaman içinde daha belirgin hale gelmiştir. (Kolarevic, 2003).

Yaşanan teknolojik gelişmeler yalnızca mimari pratiği değil, mimari düşünce sürecini de etkilemiştir. Dolayısıyla üniversitelerce verilen mimarlık eğitimleri de bilgi teknolojilerinin desteğiyle gerçekleştirilmelidir. Henderson (2016), dijital teknolojilerle çizim yapma ve model oluşturma, tasarımın temelini oluşturduğunu ve eğitim kalitesini artırdığını ifade etmiştir. 20. yüzyılın önemli mimarları arasında yer alan Mies Van Der Rohe, Walter Gropius, Le Corbusier gibi isimler, mimarlık eğitiminde olduğu kadar teoride ve pratikte mimari söylem için çağdaş malzeme ve teknolojik gelişmelerin sunduğu fırsatları vurgulamışlardır. (Akt., Karabulut, 2019).

Çalışma kapsamında, dijital üretim araçlarından biri olan robotik kolların, iç mimarlık eğitimi alanına etkileri ulusal ve uluslararası akreditasyon standartları üzerinden değerlendirilmiştir. Yapılan çıkarımlarla robotik kolların iç mimarlık eğitimi üzerindeki etkilerinin teori ve uygulama olmak üzere iki ana alana ayrılabilmesi sonucuna ulaşılmıştır. Robotik kol kullanımının öğrencilerin katılımcı ya da gözlemci olarak görev aldığı durumlara olan etkileri uygulama grubunda, iç mimarlık alanında kendilerine ve bu disipline katkı verebileceği düşünülen etkileri ise teori grubunda değerlendirilmiştir (Tablo 10).

Tablo 10. Robotik kol kullanımının iç mimarlık eğitimindeki etkileri

UYGULAMADAKİ ETKİLERİ	TEORİDEKİ ETKİLERİ
Öğrencilerin tasarım ve üretim süreçlerine katılımı	Disiplinler arası çalışma
Hassas imalat ile sınırsız üretim yapma olanağı	Farklı alanlarda kişisel gelişim
Süreci tasarlamak	Nitelikli bir çalışan olma
Geniş malzeme seçenekleri ve yaratıcı tasarım	Yeni araştırma konuları ortaya koyma
DeneySEL yöntemler geliştirmek ve yaratıcılığın önünü açmak	

Robotik kol kullanımının iç mimarlık eğitimine uygulama alandaki etkilerinden ilki; öğrencilerin tasarım ve üretim süreçlerine katılımıdır. Dijital üretim teknolojilerinin kullanılması, mimarların tasarımları dijital ve fiziksel olarak kavramalarına ortam hazırlayarak malzeme kullanımı ve üretim sürecinde daha etkin bir rol almalarına olanak sağlayabilir (Budig vd., 2014). Bu ifadeden de anlaşılacağı üzere, mimarlık temel alanı öğrencileri, dijital üretim araçlarıyla tasarım sürecinde olduğu kadar üretim sürecinde de görev almakta ve bu süreçlerin birer parçası haline gelmektedir. Gelişen teknolojinin getirisi olarak bu araçların mimarlık/iç mimarlık eğitimlerinde kullanılması, tasarımın ve üretimin her aşamasındaki süreci izlemeyi ve ürünün somut çıktısını görmeyi mümkün kılar (Karabulut, 2019). Bu durumun ulusal ve uluslararası eğitim standartları üzerindeki karşılıkları arandığında ise, *ECIA Ölçüt 4 - İnşaat süreci, Ölçüt 11 - Projeler ve İnşaat süreci; CIDA Ölçüt 11 - Tasarım öğeleri, ilkeleri ve nitelikleri ile TYÇ Ölçüt 2 - Öğrenme yetkinliği* maddelerine ulaşılmıştır. Bu ölçütler genel olarak iç mimarların bir proje tasarlamak, görselleştirmek ve sunmak için ihtiyaç duyabilecekleri unsurları ve yöntemleri anlayabilmelerini ve kullanabilmelerini içermektedir. Dolayısıyla öğrencilerin, kendi tasarladıkları projeleri etkili bir şekilde üretmek, görselleştirmek için robotik koldan yararlanabileceği söylenebilir.

Bilgisayar destekli tasarım ve üretim araçları öğrencilere fiziksel modellerinde cesurca karmaşık formları kullanmalarını sağlayarak gerçeğe dönüştürme kaygısı duymadan üretebilme imkânı sunar. Daha önceleri tasarımcılar için tasarımı ve üretimi sorun olan ürünler robotik aygıtların kullanımıyla sorun olmaktan çıkmıştır. Robotların birbirinden farklı elemanların kolaylıkla bir araya getirilmesinde, karmaşık formların oluşturulmasında başarılı sonuçlar ortaya koyduğu bilinmektedir (Ceylan, 2021;

Wibranek & Tessmann, 2021). *ECIA Ölçüt 4, Ölçüt 11; CIDA Ölçüt 8 - Tasarım süreci ve alt maddeleri, Ölçüt 11; TYYÇ Ölçüt 5 - Bilişsel, uygulamalı beceriler* maddelerinin karşılığı olabileceği düşünülen bu ifadelerle, robotik kol ile hassas imalat gerektiren karmaşık tasarımların kolayca gerçekleştirilebileceği anlaşılmaktadır.

Robotik kol kullanımıyla birlikte öğrenciler, sadece üretimin ya da ürün tasarımının değil aynı zamanda sürecin yaratıcısı konumunda da olabilirler. Dijital üretim, tasarım fikrinin geliştirilmesi adına mevcut zamanı etkili bir biçime kullanabilmek için en yetkin aracı ve süreci belirleme becerisi kazandırmaya ortam hazırlar (Doyle & Senske, 2017). Kroes (2002) ise bu durumu; dijital üretim, tasarım sürecinde ortaya çıkan sorunların aydınlatılması bağlamında tasarımın seçimini ve tasarım sürecinde ortaya çıkan sorunların giderilmesini sağlar, sözleri ile ifade etmektedir (Akt., Tang, 2006). Ulusal ve uluslararası ölçütlere bakıldığında bu durumun destek olabileceği ölçütler olarak, *ECIA Ölçüt 5 - Araştırma yöntemleri; CIDA Ölçüt 8; TYYÇ Ölçüt 5 ve TYYÇ Ölçüt 3 - Alana özgü yetkinlik ölçütleri* belirlenmiştir. Genel olarak bir iç mimarın sahip olması gereken araştırma, tasarım ve uygulama gibi yetkinliklere robotik kolun “süreci tasarlama” etkisi ile katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Dijital tasarım ve üretim araçları, üretim parametreleri arasındaki karmaşık bağlantıları yakalayabilir, ayna zamanda süreç içerisinde malzeme kararları alabilir, malzeme modellerini geleneksel ve modern modellerle değiştirme yeteneğine sahip son derece özelleştirilmiş ürünler çıkartabilirler. CITA-Mimarlıkta Bilgi Teknolojisi Merkezi- tarafından gerçekleştirilen örnek vakalarda görülmüştür ki, robotik üretim araçlarıyla kompleks malzemelerin davranışları çözümlenmiş ve tasarımın üretime entegre edilmesi başarıyla sonuçlanmıştır (Nicholas, 2021). Bu durumda öğrencilerin, üretim süreci, malzemeler, araştırma yöntemleri konusunda yetkin olmaları beklenmektedir ve robotik kol kullanımı bu yetkinliğin kazanılmasının bir adımı olarak görülebilmektedir. Bu kapsamda söz konusu durumun, *ECIA Ölçüt 5, Ölçüt 15 - İnşaat Süreci; CIDA Ölçüt 8; Ölçüt 13 - Ürünler ve malzemeler ve alt maddeleri, Ölçüt 15 - İnşaat; TYYÇ Ölçüt 5* maddelerine destek olabileceği düşünülmektedir.

Robotik kol kullanımının iç mimarlık eğitimi uygulamasındaki etkilerinden bir diğeri, deneysel yöntemler geliştirmek ve yaratıcılığın önünü açmaktır. Dijital fabrikasyon araçlarıyla yapılan her bir hassas üretim, çıktıklarıyla deneysel çalışmalar yapmaya olanak sağlamaktadır (Güzelci, 2015). Bu durumun hem robotik elemanların mimarlık alanındaki yerini sağlamlaştırdığı hem de üretim aşamasının daha da iyileşmesine ortam hazırladığı söylenebilir. Aynı zamanda robotik üretim sürecinin yapım kapasiteleri, tasarım alanını net bir şekilde tanımlar ve böylece tasarım stratejisini üretken bir şekilde ortaya koyar. Bu nedenle, bu yeteneklerin geliştirilmesi, kendi başına yaratıcı bir tasarım eylemi olarak da kabul edilebilir (Budig vd., 2014). Söz konusu ifadeler *ECIA Ölçüt 3 - Tasarımda Eleştirel Düşünme; ECIA Ölçüt 8; TYYÇ Ölçüt 5* kapsamında değerlendirilmektedir. Genel olarak karşılaşılan sorunlara karşı alternatif çözümler üretme, mevcut çözüm yöntemlerini deneme, tasarım ilkelerini uygulama beklentilerinden söz edilen ölçütlerin, robotik kol kullanımıyla desteklendiği söylenebilir.

Robotik kol kullanımının iç mimarlık eğitimine teorik alandaki etkilerinden ilki disiplinler arası çalışmadır. Robotik teknolojilerle çalışmak öğrencilere karşılaştıkları zorluklara yeni çözümler üretebilme fırsatı vermiştir. Bu nedenle dijitalleşme ve mimari, mühendislik ve inşaat endüstrilerinde disiplinler arası çalışma önem kazanmaktadır (Shi vd., 2020). Bilgisayar destekli üretim araçlarını kullanabilmek, kontrol verileri üretmek, programlama becerileri ve çeşitli robotik kavramları anlayabilmeyi gerektirir. Ancak bu durum mimari uzmanlık alanının dışındadır. Dolayısıyla bu sorunun giderilmesi amacıyla konunun uzmanları tarafından çeşitli kütüphaneler ve programlama bileşenleri oluşturulmuştur. Böylece dijital üretim araçlarının kullanılmasının disiplinler arası çalışma gerektirdiği söylenebilir (Budig vd., 2014). Disiplinler arası çalışma, *ECIA Ölçüt 2 -İlişkisel tutum; CIDA Ölçüt 5 - İşbirliği ve alt maddeleri; TYYÇ Ölçüt 6 - Beceriler* maddeleri kapsamında değerlendirilmektedir. Bu maddeler, genel olarak meslek içinde ya da diğer meslek gruplarıyla işbirliği içinde olmayı, disiplinler arası çalışmayla tasarım ve üretim sorunları çözebilme yeteneklerini göstermeyi içermektedir. Robotik kol kullanımı yazılım, programlama, endüstri mühendisliği gibi alanlarla işbirliği içinde olmayı gerektirmesi dolayısıyla bu ölçütlere destek olduğu söylenebilir.

Dijital üretim ve tasarım araçları, öğrencilere tasarım için son derece önemli olan kendini geliştirme alışkanlığı kazandırır. Bu araçların kullanılabilmesi öğrenme için zaman harcama, planlama ve programlama becerileri gerektirmektedir. Dolayısıyla öğrenciler söz konusu araçları kullanabilmek için kendilerini çeşitli yönlerde geliştirme eğilimine girmektedir (Doyle & Senske, 2017). Disiplinler arası



çalışmanın bir getirisi olarak da düşünülebilecek bu durum, öğrenciler için önem taşımaktadır. Robotik kol kullanımının teorik etkilerinden olan farklı alanlarda kişisel gelişimin, *ECIA Ölçüt 5, Ölçüt 6 - Dışsal kaynaklar; CIDA Ölçüt 5, Ölçüt 8; TYYÇ Ölçüt 4 - Yetkinlikler* maddelerini desteklediği söylenebilir. Çeşitli bilgisayar programları öğrenmeyi, disiplinler arası terminolojiyi anlamayı, bilgi teknolojilerinin farkında olmayı kapsayan bu ölçütlerin robotik kol kullanımıyla pekiştirilebileceği düşünülmektedir.

İç mimarlık eğitiminde robotik kol kullanımının teorik etkilerindeki diğer bir ifade ise nitelikli bir çalışan olmasıdır. Hayatın ve toplumun her alanının dijitalleşmesiyle birlikte, gelecekteki profesyoneller olarak öğrencilerin, robotik elemanları ile mimari tasarım ve üretim yöntemlerine ilişkin yeni fikirler yaratma konusunda bir bilinç düzeyi oluşturdukları ve bu durumun çalışma hayatlarına olumlu yönde katkı sağlayacağı söylenebilir (Shi vd., 2020). Robotik elemanlarının öğrencileri piyasaya hazırlaması ve piyasada kalifiye eleman olma konusunda ön plana çıkardığı görüşünü Güzelci (2015) şu şekilde ifade etmektedir: *“Birçok mimarlık okulundaki dijital üretim laboratuvarları, yapı endüstrisiyle iş birlikleri yapmaktadır. Bu sayede öğrenciler, üretimle ilgili aktörlerle daha yakın temas kurabilirken, sektör de üniversitelerde yürütülen araştırmaların çıktılarında haberdar olmaktadır. Bu bağlamda, dijital tasarım teknolojileri ve dijital fabrikasyon yöntemleri mezun öğrencilere yeni kariyer fırsatları sunmaktadır.”* İç mimarlık öğrencileri için mezun olduktan sonra iş bulma konusu büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda öğrenciler kendilerini geliştirmek istemekte ve robotik kol kullanımı hem teknoloji kullanımı bakımından hem de günümüzde güncel bir konu olan dijital üretim ve tasarımın bir aracı olması bakımından önem taşıması dolayısıyla ön plana çıkmaktadır. Bu durum, *ECIA Ölçüt 5; CIDA Ölçüt 3 ve alt maddeleri, Ölçüt 6 ve alt maddelerini* destekler niteliktedir.

Diğer bir teorik etki olan yeni araştırma konularının oluşması, yaşanan teknolojik gelişmeler ile hem pratik hem de teorik alanlarda yapılan değişiklikleri konu edinen çalışmaları kapsamaktadır. Brell-Çokcan ve Braumann (2012), mimarlık fakültelerinde kullanılmaya başlanılan robotik kolların yenilikçi alanlar oluşturduğu ve bu alanlarda araştırmaların yapılmaya başlandığını ifade etmektedir. Bu durumda öğrenciler ve öğretim üyeleri robotik kolun kullanım alanlarıyla ilgili çalışmalar yapmakta, çalıştaylar ve stüdyolar düzenlemektedir. *ECIA Ölçüt 5; CIDA Ölçüt 8 ve alt maddeleri; TYYÇ Ölçüt 4* Uygulamalı ve bilişsel beceriler standartlarıyla robotik kolun yeni araştırma alanları oluşturma durumunu desteklenmektedir.

Genel olarak bakıldığında, iç mimarlık eğitiminde robotik kol kullanımının etkilerinin incelendiği uygulama ve teori gruplarında ECIA ölçütlerinden en fazla 5. Ölçüt olan *Araştırma yöntemleri*; CIDA Ölçütlerinden en fazla 8. Ölçüt olan *Tasarım süreci* ölçütlerinin karşılandığı görülmektedir. ECIA ölçütlerinden en fazla “araştırma yöntemleri” ölçütünün değerlendirilmesinin sebepleri arasında, robotik kolun iç mimarlık eğitiminde kullanılmasının öncelikle bir araştırma gerektirdiği, robotik kolun, projede karşılaşılan sorunların çözülmesinde kullanılabilir bir araç olması sıralanabilmektedir. CIDA ölçütlerinde ise tasarım süreci ve bu ölçütün alt maddelerinin kullanılmasının sebebi olarak; maddenin kapsamının çok geniş olmasının yanı sıra, maddelerin içeriğinde bahsedilen tasarım ve üretim sürecinde karşılaşılan yenilikçi adımların atılmasında robotik kolun kullanılabilir olması gösterilebilir. TYYÇ ölçütlerinde ise en fazla bilişsel-uygulamalı beceriler bölümündeki maddeler desteklenmiştir. Bu maddenin CIDA ölçütlerine benzer şekilde alternatif tasarım yöntemlerini kullanmaya teşvik etmesinin, bu duruma neden olduğu söylenebilir.

#### 4. SONUÇ

ECIA, CIDA ve TYYÇ ölçütlerinden bağımsız olarak değerlendirildiğinde, öğrenciler ve tasarımcılar tarafından robotik teknolojilerinin, modellerinin kalitesini arttırmak için kullanıldığı görülmektedir. Geleneksel yöntemlerle çok daha basit şekilde temsil edilebilecek modeller, dijital üretimle gerçeğe yakın şekilde sunulmaktadır (Seely, 2004). Kompleks malzemelerin kullanılabilmesi, gelişmiş montaj yöntemlerinin kullanılması, karmaşık formların oluşturulabilmesi vb. sebeplerin bu durumu desteklediği söylenebilir. Aynı zamanda robotik teknolojilerin yapım hızıyla öğrencilerin zamandan tasarruf etmeleri sağlanmaktadır. Mark vd. (2003) bu durumunu destekler şekilde, öğrencilerin hızı ve karmaşık geometrileri üretme kapasitesiyle robotik kola yöneldiklerini ifade etmektedir.

Tüm bu sonuçlara bakıldığında ECIA, CIDA ve TYYÇ kapsamında değerlendirilen robotik kol teknolojisinin iç mimarlık eğitimine etkilerinin temelde olumlu olduğu söylenebilir. Ancak yapılan literatür incelemelerinde istisnalar da olabileceği görülmüştür. Mark vd. (2003), Seely (2004) ve Kara

(2015) çalışmalarında bu durumun bazı olumsuz sonuçları olabileceği üzerinde durmaktadır. Seely (2004)'e göre, modeller sadece bir mimari tasarımın gerçekliğini değil, aynı zamanda tasarımın ruhunu yansıtır. Dijital üretim araçlarıyla üretilmiş modeller, çoğu zaman elle yapılmış olanlara göre daha ruhsuz, homojen, hassas, tamamlanmamış modeller hissi vermektedir. Ancak Budig vd. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, robot teknolojisinin dijital tasarım teknikleriyle entegrasyonu, bilgisayar kodları kullanılarak tasarımların çeşitlendirildiği, yüksek katlı yapıların önceden tanımlanmış parçalardan oluşturularak tipolojisinin tek tipleşmesini önlemeyi amaçladığı ortaya koyulmaktadır. Mark vd. (2003), eğitim sisteminde dijital üretim ve tasarım uygulamalarının henüz oturmadığını, dijital üretimin öğrencilerin soyut düşünme süreçlerinin, zihinde kurgulama becerilerinin önüne geçebileceğini düşünmektedir. Kara (2015) da Mark vd. (2003)'a benzer şekilde elle yapımın dijital ortamda kazanılamayacak bir görme, düşünme ve mekân yapma içsel bilgisini gerektirdiğini düşünmektedir. Dolayısıyla mimarlık öğrencilerinin, güçlü bir el yeteneği kazandıktan sonra dijital araçları kullanmaları gerektiğini böylece mimari zorlukların karmaşıklıklarıyla başa çıkabilmek için daha rafine ve geniş bir araç bilgisine sahip olabileceklerini savunmaktadır.

ECIA, CIDA ve TYYÇ ölçütleri kapsamında robotik kol kullanımı değerlendirildiğinde, öğrencilerin tasarım süreçlerini geliştirmek ve modern teknolojiye adapte olmalarını sağlamak adına önemli bir unsur olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu teknolojinin eğitim programlarına entegre edilmesi, öğrencilerin mekânsal düşünme, detaylandırma ve teknik becerilerini güçlendirebilir. Robotik kol kullanımının öğrenciler açısından bazı sakıncaları olduğu düşünülse de yapay zekâ temelli araçların sadece bir tasarım aracı olduğu ve mimarın bu aracın kullanıcısı olduğu unutulmamalıdır. Yapay zekâ, yalnızca belirlenmiş algoritmalarla komutları yerine getirir. Yaratıcılık ve sezgi, insan zihnine ait özelliklerdir. Dolayısıyla insan tasarımda nihai karar vericidir (Ceylan, 2021).

Sonuç olarak, dijitalleşme mimari düşünce sürecini etkilemiş ve bu bağlamda mimarlık eğitimini ve uygulamasını değiştirmiştir. Mimarlık eğitim programlarının içeriği gözden geçirilmeli ve 21. yüzyılın gereksinimlerine uygun hale getirilmelidir. Dijital üretim laboratuvarları oluşturulmalı, disiplinler arası derslere daha fazla yer verilmeli ve dijital tasarımın kullanıldığı dersler ile teknolojinin etkin bir şekilde entegre edilebileceği programlar tasarlanmalıdır. Bu alanda öğrencilerin ve öğretim elemanlarının yetkinliklerini artırmak için gerekli kaynaklar sağlanmalıdır. (Karabulut, 2019). Çalışmanın ana konusunu oluşturan robotik kolların iç mimarlık eğitim alanına etkilerinin ECIA, CIDA ve TYYÇ ölçütleri üzerinden okunabildiği, böylece çalışmanın hipotezinin desteklendiği görülmüştür. Buradan yola çıkarak incelenen çalışmalarda hala eğitim alanında tam anlamıyla oturmadığı düşünülen dijital üretim ve tasarım araçlarının kullanılmasının yaygınlaştırılması gerektiği söylenebilir.

## EXTENDED ABSTRACT

### *Research Problem & Purpose*

Artificial intelligence and robotics, integral components of modern technology, have widespread applications. Robotic arms, incorporating these technologies and artificial intelligence, serve various sectors, from healthcare to gastronomy. As observed in every period of history, the fields of architecture, by nature, show changes within the scope of the technological, economic, and cultural factors prevailing in the period in question. Notably, advancements in artificial intelligence and robotics shape architecture in design, education, and production. In this context, the study explores the potential impact of robotic arm usage on the foundational education system of architecture. In this context, the study explores the potential impact of robotic arm usage on the foundational education system of architecture.

### *Methodology*

In line with the defined objectives and conducted research, the study is guided by the questions, "For what purposes can robotic arms be used in interior architecture education programs worldwide?" and "Can the role of robotic arm usage in interior architecture education be assessed through ECIA, CIDA, and TYYÇ standards?" Thus, it was determined as the study's hypothesis that the use of robotic arms in interior architecture education, its role in course contents, and design processes can be evaluated in terms of international and national education quality standards.

In this framework, an initial literature review was conducted to identify the potential roles of robotic arms in interior architecture education and their contributions to students. Subsequently, ECIA, CIDA, and TYYÇ criteria were reviewed to ascertain the essential qualifications for students graduating from interior architecture

departments globally, including those in Turkey. During this process, factors contributing to the utilization of robotic arms were identified and supported through the literature, indicating their association with robotic arm usage in various dimensions.

### **Findings**

The literature review reveals nine identified effects of robotic arm usage in interior architecture education, encompassing student participation in design and production processes, unlimited design possibilities with precision manufacturing, designing the process, wide material options and creative design, developing experimental methods and fostering creativity, interdisciplinary collaboration, personal development in different fields, becoming a qualified professional, and creating new research areas.

Students participation in the design and production processes helps them produce physical prototypes of their design structures. It allows them to be a part of the work, from design to production process. This effect has been observed to align with the scope of ECIA, CIDA, and TYYÇ regarding construction and design processes, design elements, and learning competencies. These aspects generally cover visualization, design theories and elements, and solutions required to realize an interior architectural project.

The chance for boundless design using precision manufacturing allows students to create intricate projects with complex geometric or organic shapes. These criteria support the construction process, design elements, and skills, guiding interior architecture students in creatively solving problems encountered while producing projects to know design processes and theories and meet the criteria related to construction processes, design elements, and skills.

Influencing the design process, robotic arms enable students to actively participate in designing and producing projects. Within these criteria, this supports research methods, problem-solving capacities, and the uniqueness of solutions, underscoring their relevance to interior architecture education.

Another contribution of the robotic arm to the field of interior architecture education is the opportunity to make creative designs with a wide range of materials. This contribution makes students more effective in the face of architectural problems by breaking away from the typical, linear design approach without worrying about form and material. This aligns with these three criteria, emphasizing research methods, construction and design processes, products, materials, and skills, ensuring students master construction processes, make suitable material choices, and grasp design methods.

Experimental studies can be carried out with the use of robotic arms, and this situation improves the creativity of both students and those working in this field. This situation supports critical thinking and the design process within these criteria. The utilization of robotic arms encourages students to think critically, both conceptually and practically and can stimulate the generation of new design solutions.

Projects involving the use of robotic arms may necessitate collaboration with engineering, computer science, or industrial design departments. In other words, it contributes to creating multidisciplinary and interdisciplinary learning environments. This approach enables students to tackle problems from different perspectives, supporting these three criteria related to attitude, cooperation, and skills, which are crucial for interior architecture education and professional life.

The use of robotic arms in interior architecture education encourages the learning of different software programs. It provides an environment for students to develop themselves using disciplined language. When examining these criteria, it can be observed that the impact of robotic arm usage extends to research methods, external resources, collaboration, design processes, and competencies. These aspects generally stimulate improvements in collaboration, encouraging students to utilize design theories and advancements.

Robotic arms enable students to gain experience and proficiency in working with advanced technologies. This situation is expected to better prepare students for future work environments and facilitate their adaptation to industry developments. It has been evaluated in ECIA and CIDA criteria because they are ahead of other graduates in the market due to the use of technology and equipment appropriate to the designs.

Finally, the utilization of robotic arms has spurred the development of innovative research areas for both students and faculty members. The criteria of ECIA, CIDA, and TYYÇ support research methods, design processes, and skills.

### **Conclusions and Recommendation**

Within the scope of the study, the effects of robotic arms, a digital production tool, on interior architecture education have been evaluated through national and international accreditation standards. The conclusions drawn suggest that the impacts of robotic arms on interior architecture education can be categorized into two main areas: theory and practice.

In conclusion, the study supports the hypothesis that the impacts of robotic arms on interior architecture education align with ECIA, CIDA, and TYYÇ standards. According to the examined studies, the findings suggest the need to promote further the use of digital production and design tools, which still need to be fully established in education.

---

#### Author Contribution Declaration

---

**A.** Idea and editing    **B.** Literature Review    **C.** Writing  
**D.** Data Collection    **E.** Analysis    **F.** Critical Review

---

Erkan AYDINTAN: **A, F**

Kübra İlkiz KURT: **B, C, D, E**

---

#### KAYNAKLAR

- Abrahamson, M. (2014, Şubat 10). Robotic Arms Race in Architectural Education. *Architectural Review*. <https://www.architectural-review.com/essays/robotic-arms-race-in-architectural-education>
- Alp, E. A. (2012). Genel Amaçlı Robot Kolu Tasarımı, (Tez No. 328350) [Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Açık erişim Deu. <http://acikerisim.deu.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/20.500.12397/7720/328350.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arch20 (b.t.). 4 Buildings and Pavilions Made by a Robotic Arm. <https://www.arch2o.com/buildings-pavilions-made-robotic-arm/>
- Armağan, Y., (2019). Mobilya Tasarımında Yapay Zekâ: Tasarım ve Ar-Ge Merkezleri Üzerinden Bir Değerlendirme. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Hacettepe Üniversitesi
- Arpitha, S. (2023, Mayıs, 14). Robots in Architecture: Transforming architecture with precision and efficiency. <https://parametric-architecture.com/robots-in-architecture-transforming-architecture-with-precision-and-efficiency/>
- Aslan, E. (2014). Yabancı Dil Öğretiminde Robot Öğretmenler, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 33(1), 15-26
- Brell-Çokcan, S. & Braumann, J. (2012). Introduction. Brell-Çokcan, S., Braumann, J. (Ed). *Rob/Arch: Robotic Fabrication in Architecture, Art, and Design* içinde (s.8-11). KUKA Robotics and the Association for Robots in Architecture.
- Budig, M., Lim, J., & Petrovic, R. (2014). Integrating Robotic Fabrication in the Design Process. *Architectural Design*, 84, 22-43.
- Ceylan, S. (2021). Artificial Intelligence in Architecture: An Educational Perspective. In *Proceedings of the 13th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2021) - Volume 1, pages 100-107*. Science and Technology Publications, Lda. 10.5220/0010444501000107
- Chaillou, S., (2019). AI + Architecture: Towards a New Approach. Master Thesis. Cambridge: Harvard University Graduate School of Design.
- Cordan, Ö., Görgül, E., Numan, B., & Çinçik, B. (2014). Curriculum development in interior architecture education: İtu case. *İtü A/Z*, 11(1), 185-197.
- Council Interior Design Accreditation. (2022). *Professional Standards*. Accredited-id. <https://www.accredit-id.org/professional-standards>
- Çağlar, B., & Vural, S. (2020). Mimarlığın Geleceğinde Robotların Rollerini Üzerine Bir Okuma. XIV. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu, 250-261. Trabzon.
- Çelebi, A. (2019). 3 Boyutlu Yazıcı İle 6 Eksenli Robot Kol Tasarım Ve İmalatı. *International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry* 3:3, 269-278

- Daas, M. (2014). Toward a taxonomy of architectural robotics. Paper presented at the SIGRADI 2014.
- Daas, M., & Wit, A. J. (2018). Towards a robotic architecture. China: ORO Editions.
- Doyle S. & Senske N. (2017). Between Design and Digital: Bridging the Gaps in Architectural Education. *Charrette* 4(1), 101-116.
- European Council of Interior Architects. (2020). *European Charter of Interior Architecture Training 2020*. ECIA. <https://ecia.net/media/610/ECIA%20Charter%202020.pdf>
- Eyüboğlu, H. & Faiz Büyükçam S. (2022). Lisans ve Lisansüstü Derslerle Türkiye’de Güncel İç Mimarlık Eğitimi. *Yakın Mimarlık Dergisi*, 6(2), 277-291.
- Gül, Ö. (2016). Türkiye’de iç mimarlık lisans eğitiminde tasarım stüdyosu derslerinin yürütülmesine yönelik geliştirme modeli önerisi. [Doktora Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi]. Açık Bilim Yök. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/209714>
- Gürdal Pamuklu, A. & Bakar Fındıkcı, M. (2023). Grafik Tasarımın Geleceđi: Yapay Zekâ ve İnsan. *BEST Dergisi*, 7(2), 177-191.
- Güzelci, O. K. (2015). İç Mimarlık Eğitimi 3. Ulusal Kongresi / Atölye. İçinde A. S. Melikođlu Eke, D. Adıgüzel Özbek, H. Güzelci, T. O. Ekmekci (Eds.), *Tasarım eğitime ve araştırmalarına etkileri bağlamında dijital fabrikasyon laboratuvarları* (s. 355-363). İstanbul Kültür Üniversitesi.
- Heckel, J. (2017, Mart 15). Robotic arm will give Illinois architecture students more fabrication options. <https://news.illinois.edu/view/6367/474698>
- Horakowa J. & Kelemen J. (2003). Čapek, Turing, von Neumann, and the 20th Century Evolution of the Concept of Machine. International Conference in Memoriam John von Neumann, John von Neumann Computer Society, BudapeĖte.
- Henderson, G. (2016, Haziran 22). Why make models? *Architectsjournal*. <https://www.architectsjournal.co.uk/news/opinion/why-make-models>
- Kara, L. (2015). A Critical Look at the Digital Technologies in Architectural Education: When, where, and how?, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 176:526-530.
- Karabulut, B. Y. (2019). Mimarlık eğitiminde üç boyutlu yazıcılar: Türkiye durum değerlendirmesi. [Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi]. DSpace@Balıkesir. [https://dspace.balikesir.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.12462/6609/Beg%3%bcm\\_Yelda\\_G%3%bcr\\_Karabulut.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.balikesir.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.12462/6609/Beg%3%bcm_Yelda_G%3%bcr_Karabulut.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Kargın, T. C. (2020, Kasım 3). Endüstriyel Robotlar Nasıl Çalışır? <https://medium.com/t%3%BCrkiye/end%3%BCstriyel-robotlar-nas%4%B11-%3%A7al%4%B1%C5%9F%C4%B1r-4809f4965e9>
- Koblentz, E. (2019, Aralık 19). Architecture Students Learning About Robots in Construction. <https://news.njit.edu/architecture-students-learning-about-robots-construction>
- Kolarevic, B. (2003). *Architecture in the Digital Age: design and manufacturing*. New York: Spon Press.
- Kroes, P. (2002). Design Methodology and the nature of technical artifacts, *Design Studies* 23(3): 287-302.
- Korkut, A. & Özyavuz, M. (2016). Tasarım Eğitiminde Teknoloji Altyapısının Gerekliliđi Üzerine Bir Araştırma, *Tekirdađ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(02), 21-33
- Mark, E., Martens, B., & Oxman, R. (2003). Preliminary stages of CAAD education. *Automation in construction*, 12(6), 661-670.
- Massey, A. (2020). *Interior Design Since 1900*. (Fourth Edition). Thames & Hudson
- Mijvel, M. M. (2016, Haziran). Yapay Zekâ Nedir?. *Researchgate*. [https://www.researchgate.net/publication/323292529\\_Yapay\\_Zeka\\_Nedir](https://www.researchgate.net/publication/323292529_Yapay_Zeka_Nedir)
- Nabiyev, V.V., (2016). *Yapay Zekâ: Problemler, Yöntemler, Algoritmalar*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

- Nicholas, P. (2021). Machining and machine learning: extending architectural digital fabrication through AI. İçinde İ. As, P. Basu (Ed.), *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture* (s. 394-404). The Routledge.
- Özsavaş, N. (2011). Türkiye'deki İç Mimarlık Eğitimi: Eğitim Süreci, Farklı Eğitim Programları Ve Uluslararası İç mimarlık Ölçütlerine Göre Programların Değerlendirilmesi, [Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi]. Yök Açık Bilim. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/328315>
- Özsavaş Uluçay, N. & Kaplan B. B. (2018), İç mimarlık mesleği ve eğitim tarihi. Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 6(80), 436-444.
- Picon, A. (2014). Robots and Architecture: Experiments, Fiction, Epistemology. *Architectural Design*, 84(3), 54-59. 405-413
- Radziszewski, K. & Cudzik, J. (2019). Robotics in Architectural Education, *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 14(02). 459-464
- Rezk, S. M. M. (2023) "The Role of Artificial Intelligence in Graphic Design," *Journal of Art, Design and Music: Vol. 2 : Iss. 1 , Article 1.*
- Sarıaltın E. (2017). 5-Eksenli Endüstriyel Robot Kol. [Tez No. 492461]. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi]. YökTez [https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=9EuSEbD0nVa6\\_RxcF0v4mg&no=QOknDT3FIq4TMa5Q6cv-OA](https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=9EuSEbD0nVa6_RxcF0v4mg&no=QOknDT3FIq4TMa5Q6cv-OA)
- Sarıyıldız, S. Ö. & Demirhan, A. (2021). Görüntü İşleme Teknikleri ve Robot Kol ile Nesnelere Kategorilerine Ayırma, 26(2), 547-556
- Seely, J. (2004). Digital fabrication in the architectural design process, [Master Thesis, MIT]. DSpaces@MIT. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/27030>
- Shi, X., Fang, X., Chen, Z., Phillips & Fukuda, H. (2020). Changing paradigm: a pedagogical method of robotic tectonics into architectural curriculum. Tateyama, K., Ishii K., Inoue, F. (Ed.). *37th International Symposium On Automation And Robotics in Construction (ISARC 2020)* içinde (s. 743-749). Kazuyoshi Tateyama Ritsumeikan Üniversitesi, Japonya
- Şekerci, C. & Oral, M. (2023). İç Mimarlık Eğitim Müfredatının Oluşturulmasında Güncel Yaklaşımlar, *Sanat Yazıları*, (48), 215-226
- Tang, C. S. (2006). Smart Structures: Designs with Rapid Prototyping. In *Progress in Design & Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning--Proceedings of the 8th International DDSS Conference*, Eindhoven: Eindhoven University of Technology (pp. 415-429).
- Team PA. (2020, Haziran 17). INT Chair: Robotic Building Blocks. <https://parametric-architecture.com/int-chair-robotic-building-blocks/>
- Türkiye Cumhuriyeti Yükseköğretim Kurumu. (2010). *Türkiye Yükseköğretim Yeterlilikler Çerçevesi*. Tyyc.yok. <http://tyyc.yok.gov.tr/?pid=48>
- Yıldırım, B. & Demirarslan, D., (2020). İç Mimarlıkta Yapay Zekâ Uygulamalarının Tasarım Sürecine Faydalarının Değerlendirilmesi, *Humanities Sciences (NWSAHS)*, 15(2):62-80, DOI: 10.12739/NWSA.2020.15.2.4C0236.
- Yıldız, P., (2014). İç Mimarlıkta Yapay Zekâ ve Türkiye'den Seçilmiş Örneklerin Mekân Tasarımı Yönünden Kapsamlı Analizi Çalışması. Ankara: Hacettepe Üniversitesi.
- Yılmaz, D. (2010). Bir Robot Kolunun Bilgisayar Destekli Kinematik Analizi. [Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi]. Açık Erişim Arşiv Sistemi. <https://acikerisim.sakarya.edu.tr/handle/20.500.12619/80543>
- Wibranek, B. & Tessmann, O. (2021). Interfacing architecture and artificial intelligence: Machine learning for architectural design and fabrication. İçinde İ. As, P. Basu (Ed.), *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture* (s. 380-393). The Routledge.